

УДК 681.518

**Е.С. Нестругина**ГБУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк  
кафедра электронной техники  
E-mail: [tec4@mail.ru](mailto:tec4@mail.ru)**МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА**

*В статье предложена методика оценки походки человека путем моделирования в инженерном комплексе LabVIEW. Предложенная методика обеспечивает с помощью виртуального проектирования когнитивное визуальное наблюдение неравномерности шагов и нагрузки на нижние конечности в процессе ходьбы.*

**Ключевые слова:** индивидуальная походка человека, моделирование сигнала датчиков, коэффициент масштабирования, сдвиг графика, нагрузка на каждую ногу.

**Постановка проблемы в общем виде**

В реабилитационном периоде функций опоры и движения человека после травматизма необходимо проводить инструментальную биомеханическую диагностику двигательной патологии. В качестве одного из основных диагностических тестов используют ходьбу. Исследование биомеханических характеристик функции опоры и движения в динамике позволяет объективно определить эффективность проводимого восстановительного лечения [1].

Двигательная симптоматика является ранним индикатором ряда заболеваний. Исследование походки стало основным в мировой клинической практике. Несмотря на активное развитие клинических биомеханических исследований, двигательная патология практически не может быть объективно определена без применения специальной аппаратуры. Последние тридцать лет в области исследования двигательных функций человека применяются новые технологии. Неоспоримые успехи развития восстановительной медицины тесно связаны с внедрением в повседневную клиническую практику медицинской компьютерной техники с применением аппаратных методов коррекции движений и технических средств реабилитации опорно-двигательной системы. В данной области известны работы Н.Ю. Титаренко, А.В. Воронова, К.Е.Титаренко, В.И. Доценко, К.А. Семёновой, В.Д. Левченковой, И.Я. Политовой и других. Однако применение высокотехнологичных методов помощи пациентам с патологией движений должно быть оптимальным по цене и эффективности. Это требование в настоящее время невозможно выполнить без подробного биомеханического анализа структуры двигательных нарушений у конкретного пациента.

Контроль состояния двигательных функций человека в процессе реабилитации после травматизма является актуальной задачей. Существует несколько причин отклонения опорно-двигательной системы (ОДС) человека от первоначального (опорного) положения: в статическом, когда человек стоит или сидит, и в динамическом состоянии, когда человек выполняет какие-то движения. Одна из основных причинно-следственных отклонений ОДС проявляется в нарушении походки, вызывающей изменение ритма передвижения вследствие вертикального раскачивания тела. Об изменении походки судят по имеющимся различиям в продолжительности и интенсивности нагрузки на одну и на другую ногу по данным визуального и акустического восприятия. Информация о характере походки имеет важное значение при диагностике и в период реабилитации двигательных функций человека.

© Нестругина Е.С., 2013

### **Анализ известных решений**

В настоящее время получило развитие направление, исследующее ходьбу человека – клинический анализ походки. Для регистрации основных параметров биомеханики походки известен специализированный программно-аппаратный комплекс «БИОМЕХАНИКА-МБН», позволяющий регистрировать временные, кинематические и динамические характеристики шага, включающий пакет программного обеспечения «Клинический анализ движений».

Известны работы, где методы биомеханики походки использовались для оценки лечебных мероприятий (Витензон А.С. 1999; Янсон Х.А., 1975; Bronstein A.M., Brandt T., Woollacott M., 1996; Репу J., 1992; Руукко I. et al., 1999; Whittle M.W., 1991). При этом возможность применения биомеханических методов исследования походки для определения эффективности лечебных воздействий остаётся неопределённой [1].

Существуют два основных направления применения биомеханических методов непосредственно в процессе лечения. Это метод искусственной коррекции движений (Витензон А.С. 1999), где биомеханические параметры походки применяются для проведения электрической стимуляции мышц синхронно с максимумом их естественной активности и метод тренировки функции равновесия с биологической обратной связью от стабилметрических параметров (Афанасьева Е.Ё., 2004; Жаворонкова Л.А., 2003; Gagey P.M., Weber B., 1995) [1].

Однако, использование данных методов ограничивается аппаратными и методическими возможностями. Кроме того, отечественной промышленностью не выпускается аппаратура, удовлетворяющая современным требованиям, а зарубежная остаётся малодоступной [1].

Одним из наиболее информативных в исследовании походки и функционального состояния ОДС в целом известен метод акселерографии, основанный не на исследовании параметров самого движения, а на анализе вибрационных ускорений, сопровождающих двигательные акты, т.е. сравнительно низкоамплитудных и высокочастотных компонентов движения. Исследуется асимметрия вибраций, вызываемых движениями правых и левых конечностей на основании анализа спектральных характеристик получаемых вибрационных сигналов [2].

Несмотря на активное развитие клинических биомеханических исследований походки, диагностические возможности остаются неопределёнными в силу фрагментарности и концентрации на узконаправленных исследованиях, что не позволяет раскрыть картину имеющейся двигательной патологии и определить возможности данных методов в её диагностике. На основании вышеизложенного, определение диагностических, контрольных и лечебных возможностей методов биомеханики в процессе восстановительного лечения больных с двигательными нарушениями представляет особую актуальность [1].

В современной жизни стало незаменимым применение передовых информационных технологий. Для ускорения решения исследовательских и проектных задач в отраслях науки и техники используют пакеты прикладных программ. Инженерные комплексы типа LabVIEW способны решать не только математические задачи, но и визуализировать на экране сложнейшие технологические процессы, позволяя создавать приборы и системы 100-процентной сходимости с реальными устройствами. Оснащение лечебных учреждений диагностической аппаратурой, в том числе для реабилитации пострадавших от травматизма является актуальной задачей [3, 4].

Вышесказанное позволяет сделать заключение о целесообразности использования технологии виртуального проектирования в качестве предварительной разработки информационно-измерительной системы (ИИС) контроля походки человека [3, 4].

**Цель данной работы:** смоделировать походку человека путем виртуального проектирования в пакете LabVIEW с целью обеспечения когнитивного визуального наблюдения неравномерности шагов и нагрузки на нижние конечности в процессе ходьбы.

### Изложение основного материала

Смоделируем походку человека в инженерном пакете Lab View [3, 4].

Для этого представим математическую модель, позволяющую описать походку человека синусоидальными функциями.

Индивидуальная походка человека может характеризоваться длиной шага  $x$ , равномерностью (неравномерностью) прикладываемых усилий, нагрузкой на каждую ногу  $\gamma$ , постоянной времени при нагружении  $T$ , частотой шага  $\omega$ :

$$F(x, \omega, \gamma, T) := \sin\left(\frac{\pi}{2\gamma} \cdot x - \frac{\pi}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\omega}{x + \frac{\omega}{\pi}}\right)^2$$

Взяв за основу полученное математическое описание, смоделируем походку человека в инженерном пакете Lab View (рис.1).

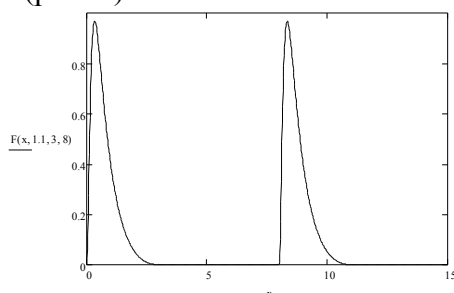


Рисунок 1 – Моделирование сигнала датчиков при ходьбе

Структурная схема модели походки человека представлена на рис. 2. Полученная модель позволяет получить описание походки как здорового, так и хромого человека.

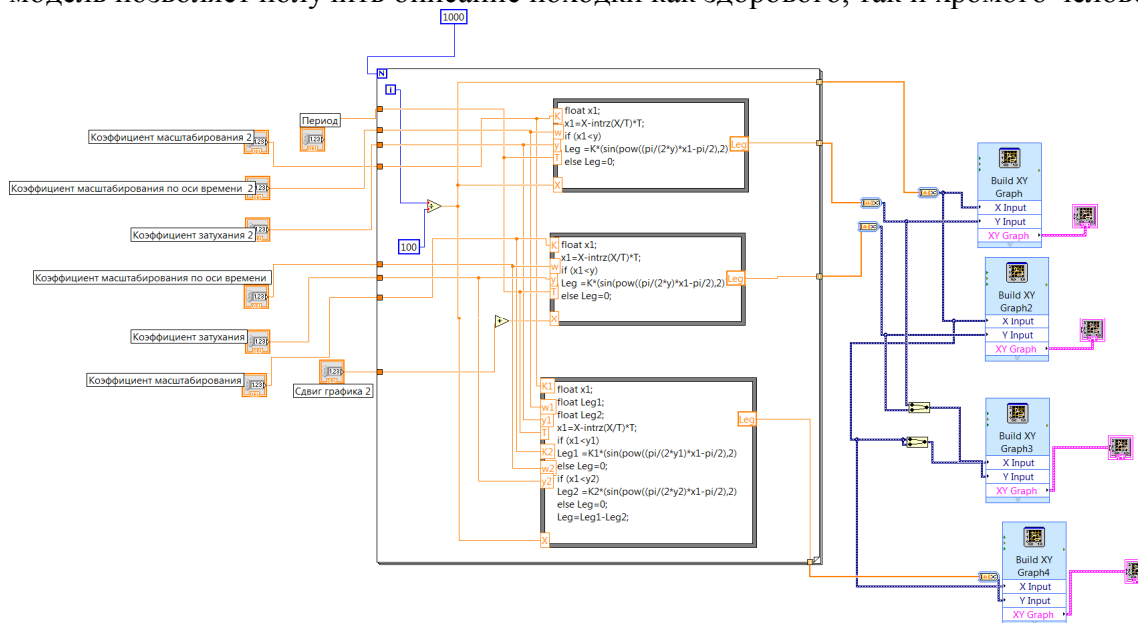


Рисунок 2 – Структурная схема модели походки человека

Моделирование производится путем настройки коэффициента масштабирования по амплитуде, коэффициента масштабирования по оси времени, коэффициента затухания, периода, сдвига графика. Сдвиг графика выполняется для отображения показателей левой и правой ног.

Результаты моделирования представлены как модель походки левой ноги, модель

походки правой ноги, модели походки левой и правой ног, разность показателей.

*Моделирование походки здорового человека.*

Задаются значения необходимых коэффициентов на панели виртуального прибора (рис. 3):

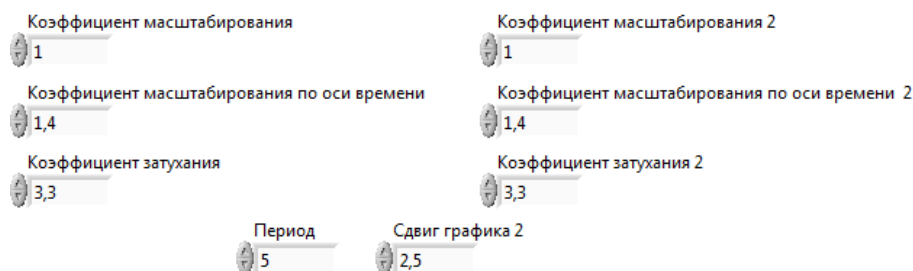


Рисунок 3 – Задание значений коэффициентов для здорового человека

Результаты моделирования походки здорового человека представлены на рис. 4.

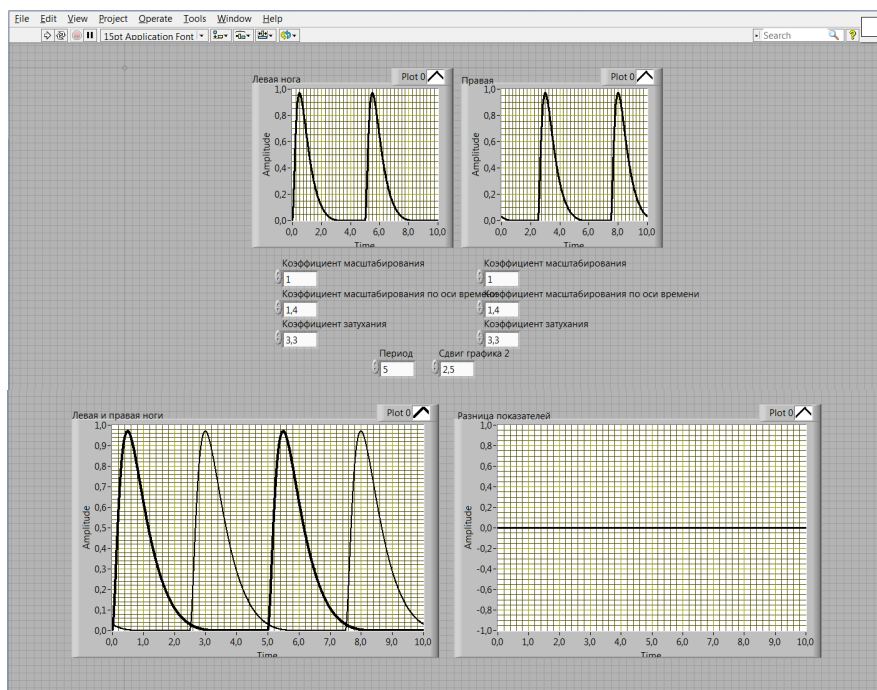


Рисунок 4 – Результаты моделирования походки здорового человека

Так как разность показателей левой и правой ног равна нулю, можно сделать вывод о том, что это походка здорового человека.

*Моделирование походки хромого человека (хромота правой ноги).*

Задаются значения необходимых коэффициентов на панели виртуального прибора (рис.5):

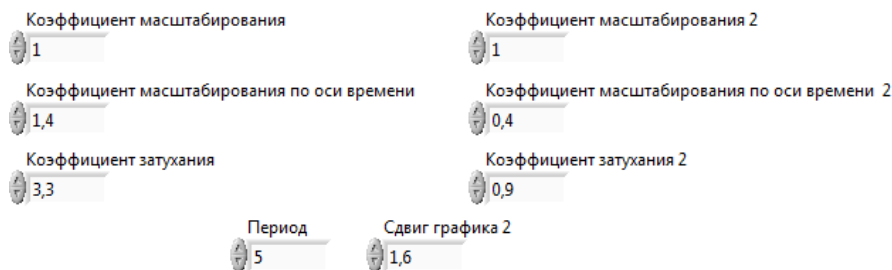


Рисунок 5 – Задание значений коэффициентов для хромого человека

На рис. 6. приведені результати моделювання походки хромого человека.

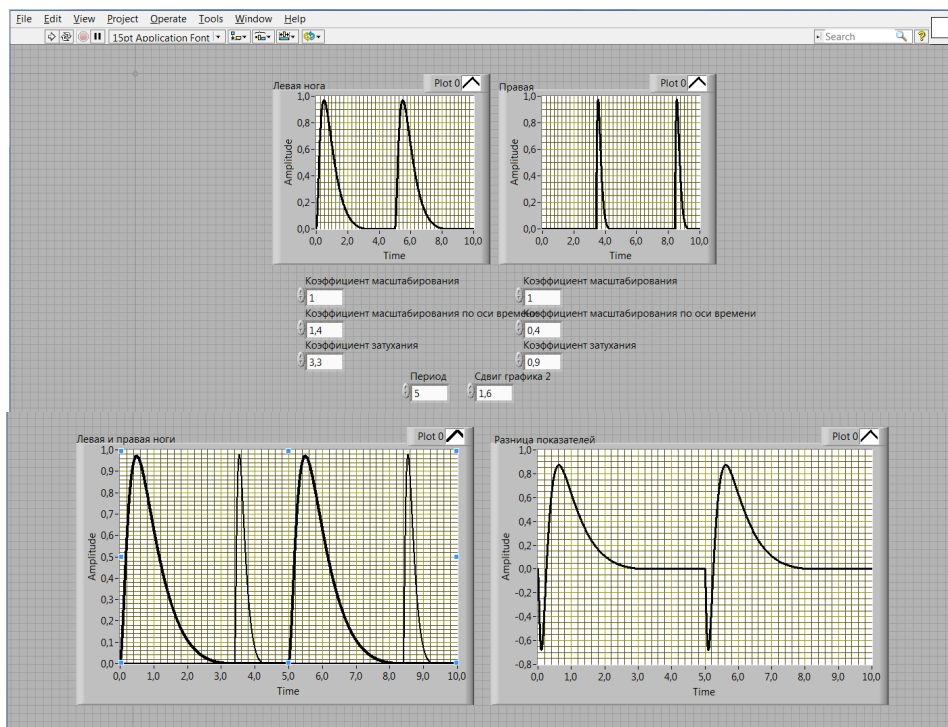


Рисунок 6 – Результаты моделирования походки хромого человека

Так как есть разность показателей, то это походка хромого человека. По разнице показателей наблюдается количественная оценка хромоты.

### Выводы

1. Разработана структура и виртуальная модель ИИС контроля походки человека в процессе реабилитации после травматизма
2. Методами виртуального проектирования в инженерном комплексе LabVIEW показана эффективность предложенного способа.
3. Определены дальнейшие направления доводки ИИС до рабочего варианта, при котором может быть достигнута 100-процентная сходимость виртуальной и реальной модели.

### Практическое применение

Предложенная разработка может быть рекомендована медицинским учреждениям для целей определения эффективности лечебных мероприятий.

### Список использованной литературы

1. Скворцов Д.В. Биомеханические методы реабилитации патологии походки и баланса тела / Д. В. Скворцов. – М.: Антидор – 2008 – 192 с.
2. Ефимов А.П. Клинически значимые параметры походки / А.П. Ефимов // Травматология и ортопедия России. – 2012. – №1 (63). - С. 60-65.
3. Нестругина Е. С. Концепция определения состояния двигательных функций человека в процессе реабилитации после травматизма / Е. С. Нестругина, Н. И. Чичикало // Журн. «Искусственный интеллект». – 2011. – № 2. – С. 60-65.
4. Материалы 61-й открытой студенческой научно-технической конференции СНТК МАМИ 2011 / Московский государственный технический университет МАМИ (08-20 апреля 2011 года). – 2011.

5. Актуальное моделирование, визуализация и анимация. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 456 с.,
6. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий: учебное пособие [для вузов] / [В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин, В.Ф. Папуловский]. - М.: ДМК Пресс, 2005. - 208 с.

Надійшла до редакції:  
07.05.2013

Рецензент:  
д-р техн. наук, проф. Чичикало Н.І.

**О.С. Нестругіна**

**ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»**

**Методика моделювання ходи людини.** У статті запропоновано методику оцінки ходи людини шляхом моделювання в інженерному комплексі LabVIEW. Запропонована методика забезпечує за допомогою віртуального проектування когнітивне візуальне спостереження нерівномірності кроків і навантаження на нижні кінцівки в процесі ходи.

**Ключові слова:** індивідуальна хода людини, моделювання сигналу датчиків, коефіцієнт масштабування, зсув графіка, навантаження на кожну ногу.

**E.S. Nestrugina**

**Donetsk National Technical University**

**The Human Gait Simulation Method.** A method of human gait assessment by simulation in the engineering complex LabVIEW is proposed in the article. The proposed technique provides a virtual design with cognitive visual observation of uneven steps and the lower limbs load during walking. In the rehabilitation period of the musculoskeletal functions after injuries, walking is used as one of the basic diagnostic tests for instrumental biomechanical locomotor pathology diagnosis. The study of biomechanical characteristics of musculoskeletal function in the dynamics can objectively determine the effectiveness of the rehabilitation treatment. Motor symptoms is an early indicator of diseases. The gait study became a staple in the world clinical practice. The gait change is judged by the existing differences in the duration and intensity of exercise on one leg and the other according to the visual and acoustic perception. Information on the nature of gait is essential in the diagnosis and during rehabilitation of human motor functions. The use of advanced information technology has become indispensable today. Software packages are used to accelerate research and development tasks in the fields of science and technology. Engineering complexes such as LabVIEW can solve not only mathematical problems, but to visualize on the screen complex processes, also, allowing to create devices and systems with 100 percent real devices convergence. Equipment of health care diagnostic apparatus, including the rehabilitation of victims of accidents is an important task. The structure and the virtual model of the IMS human gait control during rehabilitation after traumatism is developed, which allows getting a description of both healthy and lame man. Methods of virtual design in the engineering complex LabVIEW show the effectiveness of the proposed method. Further areas of IMS operational development are identified to the operating option so that 100 percent convergence of virtual and real models can be achieved. The proposed development can be recommended for medical institutions for purposes of determining the efficacy of therapeutic interventions.

**Keywords:** individual human gait, sensor signal simulation, scaling factor, shift schedule, load on each leg.